

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-341477

(43)Date of publication of application : 13.12.1994

(51)Int.Cl.

F16F 7/12

C08K 7/02

C08L101/00

(21)Application number : 06-090600

(71)Applicant : TORAY IND INC

(22)Date of filing : 04.04.1994

(72)Inventor : MITSUYASU KENJI
KIMOTO KOUIN
OCHI HIROSHI
ISHIBASHI SOICHI
KYONO TETSUYUKI
NISHIHARA MASAHIRO

(30)Priority

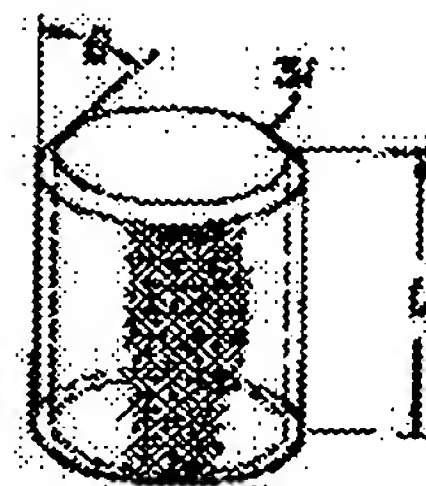
Priority number : 05107429 Priority date : 08.04.1993 Priority country : JP

(54) ENERGY ABSORBING MEMBER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an energy absorbing member excellent in rigidity and in an adhesive property with resin and reinforcing fiber and capable of displaying sufficiently high energy absorbing capacity.

CONSTITUTION: This is an energy absorbing member 31 consisting of a composite material of resin and reinforcing fiber, bursting ductility of the resin is 30% or more, the reinforcing fiber has at least one of characteristics; 1.2% or more in bursting ductility, 200kgf/mm² or more in tensile strength, 17,000kgf/mm² or more in tensile elasticity and 1.08 or more in surface undulation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3456600

[Date of registration] 01.08.2003

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-341477

(43) 公開日 平成6年(1994)12月13日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 1 6 F 7/12				
C 0 8 K 7/02	K C J			
C 0 8 L 101/00	L S Y			

審査請求 未請求 請求項の数18 F D (全 9 頁)

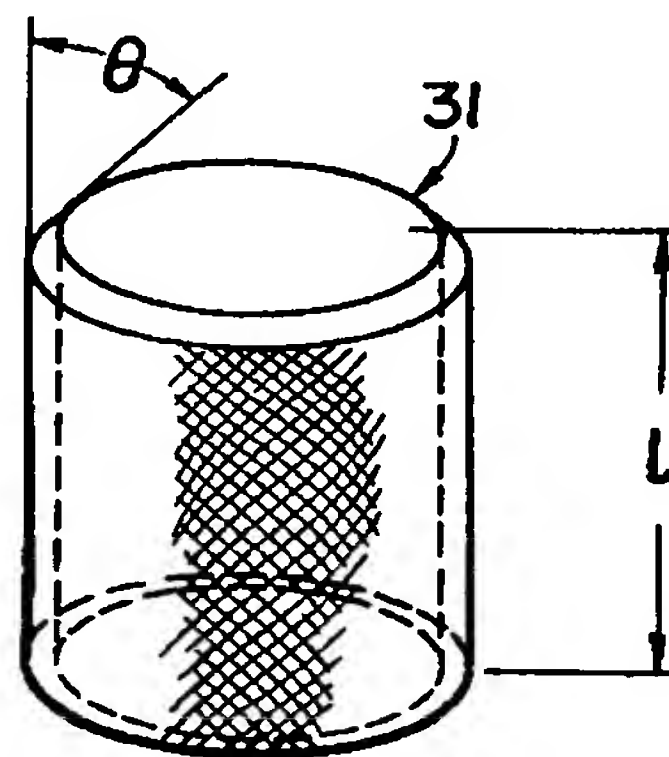
(21) 出願番号	特願平6-90600	(71) 出願人	000003159 東レ株式会社 東京都中央区日本橋室町2丁目2番1号
(22) 出願日	平成6年(1994)4月4日	(72) 発明者	光安 研二 滋賀県大津市園山1丁目1番1号 東レ株式会社滋賀事業場内
(31) 優先権主張番号	特願平5-107429	(72) 発明者	木本 幸胤 愛媛県伊予郡松前町大字筒井1515番地 東レ株式会社愛媛工場内
(32) 優先日	平5(1993)4月8日	(72) 発明者	越智 寛 愛媛県伊予郡松前町大字筒井1515番地 東レ株式会社愛媛工場内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 伴 俊光
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 エネルギー吸収部材

(57) 【要約】

【目的】 剛性、樹脂と補強繊維との接着性等に優れ、十分に高いエネルギー吸収能力を発揮可能なエネルギー吸収部材を提供する。

【構成】 樹脂と補強繊維との複合材料からなるエネルギー吸収部材31であって、樹脂の破断伸度が30%以上であり、補強繊維が、少なくとも、破断伸度1.2%以上、引張強度200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上のいずれかの特性を有するエネルギー吸収部材。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸度が1.2%以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項2】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の引張強度が200kgf/mm²以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項3】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の引張弾性率が17,000kgf/mm²以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項4】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項5】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸度が1.2%以上、引張強度が200kgf/mm²以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項6】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸度が1.2%以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項7】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸度が1.2%以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項8】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸度が1.2%以上、引張強度が200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項9】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸度が1.2%以上、引張強度が200kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項10】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸度が1.2%以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項11】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸度が1.2%以上、引張強度が200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

m²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項12】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の引張強度が200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項13】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の引張強度が200kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項14】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の引張強度が200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項15】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【請求項16】 前記補強繊維が、表面の酸素(O)と炭素(C)との原子数比である表面官能基量(O/C)が0.08以上の炭素繊維である、請求項1ないし15のいずれかに記載のエネルギー吸収部材。

【請求項17】 前記補強繊維が、結晶サイズが20Å以上の炭素繊維である、請求項1ないし16のいずれかに記載のエネルギー吸収部材。

【請求項18】 樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸度が1.2%以上であり、かつ、前記樹脂と補強繊維との界面における剪断強度と前記樹脂の剪断強度との比が0.8~1.2であることを特徴とするエネルギー吸収部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、エネルギー吸収部材に関し、とくに、樹脂と補強繊維との複合材料からなる、衝撃エネルギー吸収部材の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】たとえば、航空機の座席周り等や、自動車の座席周り、バンパー周り、各種構造部材に、衝撃エネルギーを吸収するエネルギー吸収部材が用いられる

(特開昭60-109630号公報、特開昭62-17438号公報等)。このエネルギー吸収部材には、衝撃エネルギーを良好に吸収できる性能の他、一般に軽量、高剛性であることが要求されることから、樹脂と補強繊維との複合材料、いわゆる繊維強化プラスチック(以

下、FRPと言うこともある。)、中でも炭素繊維強化プラスチック(以下、CFRPと言うこともある。)が適しているとされている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来の樹脂と補強繊維との複合材料からなるエネルギー吸収部材は、エネルギー吸収能力、剛性、樹脂と補強繊維との接着性等に未だ不十分な面があり、十分に実用に供されていないのが実情である。

【0004】本発明は、剛性、樹脂と補強繊維との接着性等に優れ、十分に高いエネルギー吸収能力を発揮可能なエネルギー吸収部材を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】この目的に沿う本発明の請求項1に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸び度が1.2%以上であることを特徴とするものからなる。

【0006】また、本発明の請求項2に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の引張強度が200kgf/mm²以上であることを特徴とするものからなる。

【0007】また、本発明の請求項3に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の引張弾性率が17,000kgf/mm²以上であることを特徴とするものからなる。

【0008】また、本発明の請求項4に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするものからなる。

【0009】また、本発明の請求項5に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸び度が1.2%以上、引張強度が200kgf/mm²以上であることを特徴とするものからなる。

【0010】また、本発明の請求項6に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸び度が1.2%以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上であることを特徴とするものからなる。

【0011】また、本発明の請求項7に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸び度が1.2%以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするものからなる。

【0012】また、本発明の請求項8に係るエネルギー

吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸び度が1.2%以上、引張強度が200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上であることを特徴とするものからなる。

【0013】また、本発明の請求項9に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸び度が1.2%以上、引張強度が200kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするものからなる。

【0014】また、本発明の請求項10に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸び度が1.2%以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするものからなる。

【0015】また、本発明の請求項11に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の破断伸び度が1.2%以上、引張強度が200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするものからなる。

【0016】また、本発明の請求項12に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の引張強度が200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上であることを特徴とするものからなる。

【0017】また、本発明の請求項13に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の引張強度が200kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするものからなる。

【0018】また、本発明の請求項14に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の引張強度が200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするものからなる。

【0019】また、本発明の請求項15に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸び度が30%以上であり、前記補強繊維の引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上であることを特徴とするものからなる。

【0020】上記各エネルギー吸収部材においては、補強繊維が炭素繊維からなる場合には、該補強繊維の、表面の酸素(O)と炭素(C)の原子数比である表面官能

基量 (O/C) が 0.08 以上であることが好ましい。表面官能基量 (O/C) が 0.08 以上であると、活性化された O によって補強繊維表面の接着性が高められ、樹脂と補強繊維との接着強度が高められて、複合材料全体として極めて高い剛性、エネルギー吸収能力を発揮できる。表面官能基量 (O/C) が 0.08 未満であると、樹脂と補強繊維との接着性が不十分となり、エネルギー吸収時に樹脂と補強繊維との界面で剥離、あるいは破壊が生じやすくなり、その分エネルギー吸収能力が低下する。

【0021】また、上記炭素繊維の補強繊維にあつては、結晶サイズが 20 Å 以上であることが好ましい。この結晶サイズは、とくに引張弾性率に影響し、結晶サイズが 20 Å 以上であると高い引張弾性率を容易に達成できるようになる。引張弾性率が高いと、それだけエネルギー吸収能力が向上する。

【0022】さらに、本発明の請求項 18 に係るエネルギー吸収部材は、樹脂と補強繊維との複合材料からなり、前記樹脂の破断伸度が 30 % 以上であり、前記補強繊維の破断伸度が 1.2 % 以上であり、かつ、前記樹脂と補強繊維との界面における剪断強度と前記樹脂の剪断強度との比が 0.8 ~ 1.2 であることを特徴とするものからなる。

【0023】上記各エネルギー吸収部材においては、補強繊維は炭素繊維に限定されず、炭素繊維以外の補強繊維として、たとえば、ガラス繊維、芳香族ポリアミド繊維、アルミナ繊維、炭化珪素繊維およびボロン繊維の中から選ぶことができる。

【0024】上記の複合材料からなるエネルギー吸収部材について、以下に、さらに詳細に説明する。

【0025】本発明のエネルギー吸収部材を構成する複合材料における樹脂は、破断伸度が 30 % 以上のものである。破断伸度が 30 % 未満であると、高いエネルギー吸収能力を達成するのが困難になる。本発明においては、この高い破断伸度を有する高靱性の樹脂と、破断伸度、引張強度、引張弾性率の少なくともいずれかが高い補強繊維との複合材料とすることにより、優れたエネルギー吸収能力を発揮でき、高い比吸収エネルギー量を達成できる。また、補強繊維の表面起伏度を大きくしておくことにより、あるいは、補強繊維が炭素繊維である場合には表面官能基量 (O/C) を大きくすることにより、樹脂と補強繊維との接着性が高められ、両者界面で剥離、破壊しにくい複合材料を実現でき、優れたエネルギー吸収能力を達成できる。すなわち、本発明のエネルギー吸収部材においては、高靱性の樹脂と、高強度または／および高接着性の補強繊維とを組み合わせた複合材料とすることにより、優れたエネルギー吸収能力を発揮でき、高い比吸収エネルギー量を達成できるようになる。

【0026】破断伸度が 30 % 以上の樹脂としては、た

たとえば、ナイロン 6、ナイロン 66、ナイロン 11、ナイロン 610、ナイロン 612 などのポリアミド、またはこれらポリアミドの共重合ポリアミド、また、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレートなどのポリエステル、またはこれらポリエステルの共重合ポリエステル、さらに、ポリカーボネート、ポリアミドイミド、ポリフェニレンスルファイド、ポリフェニレンオキシド、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリオレフィンなど、さらにまた、ポリエステルエラストマー、ポリアミドエラストマーなどに代表される熱可塑性エラストマー、等が挙げられる。

【0027】本発明において、補強繊維は、破断伸度が 1.2 % 以上、引張強度が 200 kgf/mm² 以上、引張弾性率が 17,000 kgf/mm² 以上、表面起伏度が 1.08 以上のいずれかの特性、あるいはこれら特性を任意に組み合わせた特性を有するものである。

【0028】補強繊維の破断伸度が 1.2 % 以上であると、複合材料からなるエネルギー吸収部材の、破断が予期される部位が実際に破断に至るまでに、大きなエネルギー量を吸収できるようになる。破断伸度が 1.2 % 未満であると、エネルギー吸収部材の少量の変形で補強繊維が破断に至り、補強繊維が破断した状態では大きなエネルギーを吸収できないから、結局エネルギー吸収部材のエネルギー吸収能力が低下することになる。

【0029】補強繊維の引張強度が 200 kgf/mm² 以上であると、複合材料からなるエネルギー吸収部材に加わる衝撃エネルギーに対して、繊維の破断に要するエネルギー量が大きくなるので、同じ破壊量について大きなエネルギー量を吸収できるようになる。引張強度が 200 kgf/mm² 未満であると、補強繊維が小さなエネルギー量で破断しやすくなり、大きなエネルギー量を吸収することが難しくなって、結局エネルギー吸収部材のエネルギー吸収能力が低下することになる。

【0030】補強繊維の引張弾性率が 17,000 kgf/mm² 以上であると、複合材料からなるエネルギー吸収部材に加わる衝撃エネルギーに対して、高剛性のエネルギー吸収部材を実現でき、大きなエネルギー量を吸収できるようになる。また、エネルギー吸収部材の座屈が起これにくくなり、1 個のエネルギー吸収部材の長さを長くすることができる。引張弾性率が 17,000 kgf/mm² 未満であると、エネルギー吸収部材の剛性が低く、大きなエネルギー量を吸収することが難しくなって、結局エネルギー吸収部材のエネルギー吸収能力が低下することになる。

【0031】補強繊維の表面起伏度が 1.08 以上であると、表面の起伏による、いわゆるアンカー効果が向上するので、補強繊維と樹脂との接着性が向上し、極めて剥離あるいは破壊しにくい界面を達成できる。接着性の向上により、複合材料における補強繊維の強度を極めて

有効に利用できるようになり、複合材料全体としての剛性を向上できるので、大きなエネルギー量を吸収できるようになる。表面起伏度が1.08未満であると、上記のようなアンカー効果を期待できなくなるか、あっても僅かであるので、エネルギー吸収部材の剛性向上が難しく、結局エネルギー吸収部材のエネルギー吸収能力向上が難しくなる。

【0032】この補強繊維と樹脂との接着性向上は、前述の如く、補強繊維が炭素繊維である場合には、さらに、表面官能基量(O/C)を0.08以上とすることが有効である。この表面官能基量(O/C)0.08以上の特性は、補強繊維に、上記破断伸びが1.2%以上、引張強度が200kgf/mm²以上、引張弾性率が17,000kgf/mm²以上、表面起伏度が1.08以上の特性とともにもたせることが好ましい。

【0033】また、本発明においては、補強繊維と樹脂との高い接着性を確保するために、補強繊維の少なくとも破断伸びが1.2%以上とされ、かつ、樹脂と補強繊維との界面における剪断強度と樹脂の剪断強度との比が0.8~1.2の範囲とされる。補強繊維の破断伸びを1.2%以上とすることにより上述したような作用、効果が得られ、剪断強度比を0.8~1.2の範囲とすることにより(つまり、樹脂と補強繊維との界面における剪断強度を樹脂の剪断強度と同等かそれに近い値にすることにより)、樹脂と補強繊維との接着性を、望ましい程度に、かつ、必要なだけ、高めることができる。補強繊維の高破断伸びと、樹脂と補強繊維との高接着性により、高いエネルギー吸収能力をもつエネルギー吸収部材の実現が可能となる。

【0034】本発明のエネルギー吸収部材においては、複合材料における補強繊維の配列は、特殊な組み合わせ配列を行う場合を除き、エネルギー吸収部材の圧縮方向の軸に対して、0°~±60°の範囲で行えばよい。あまり大きな角度の配列では、圧縮方向に作用する衝撃エネルギーの吸収に対し、補強繊維が有効に活用されなくなる。また、補強繊維の形態としては、とくに限定されず、通常のフィラメントの他、補強繊維の織物も使用できる。

【0035】また、本発明の複合材料からなるエネルギー吸収部材の形状もとくに限定されず、筒状、柱状、板状等、各種形状を採用可能である。代表的な形状、あるいは採用可能な形状を図1ないし図10に例示する。

【0036】エネルギー吸収部材の代表的な形状として、まず、筒状形状を挙げることができる。筒状形状として最も代表的な形状は、図1に示すような円筒1である。図における矢印方向が、衝撃エネルギーとしての圧

樹脂処方: “ベークライト” ERL-4221

100部

3-フッ化ホウ素モノエチルアミン(BF₃・MEA)

3部

アセトン

4部

硬化条件: 130℃、30分

縮荷重作用方向である。また、図2に示すように、円筒の頂部を円錐状あるいは球面状に形成した円筒2も適用できる。さらに、図示は省略するが、角筒、円錐、角錐、円錐台、角錐台、あるいは、横断面が楕円の筒、さらには、図3に示すように、フランジ部3を備えた円筒(又は角筒)等の筒状形状4も採用できる。

【0037】また、筒状形状に限らず、柱状形状でもよい。たとえば、円柱、角柱形状を挙げることができる。

【0038】さらに、板状形状の採用も可能である。たとえば、波板形状の部材とすれば、座屈に対して強いので、エネルギー吸収部材として使用可能となる。また、図4に示すように、リブ5を有する、たとえば横断面T字形の形状6、図5に示すように、横断面コ字状の形状7とすることもできる。図5に示す横断面コ字状の形状7では、2点鎖線で示すように蓋部材8を設けることもできる。さらに、図6に示すように、横断面十字状の形状9とすることもできる。

【0039】さらにまた、各種形状の部材を組み合わせた構造とすることも可能である。たとえば、図7、図8に示すように、大きい円筒10、大きい円錐台11の中に、小さい細長形状の円柱12、13を入れ、これらを複合材料で構成することにより、より座屈しにくいエネルギー吸収部材にすることができる。

【0040】さらに、エネルギー吸収部材は、1個の部材から構成されるものの他、複数の部材を重ねて、あるいは組み合わせて構成してもよい。たとえば、図9、図10に示すように、同一あるいは同様の形状の複合材料からなる部材14、15a、15b、15cを縦に積層してエネルギー吸収部材16、17を構成するようにしてもよい。図10の構成にあつては、各部材を中、外交互に積層してもよい。

【0041】なお、上記のようなエネルギー吸収部材においては、エネルギー吸収部材を端部から逐次破壊させるためのトリガ形状を形成しておくことが望ましく、このトリガは、エネルギー吸収部材を押圧する押圧部材側に設けてもよい。

【0042】〔特性の測定方法および効果の評価方法〕以下に、本発明における特性の測定方法および効果の評価方法について説明する。

(1) 樹脂の引張破断伸びの測定方法

ASTM-D-638に従い測定する。

【0043】(2) 繊維の破断伸び、引張強度、引張弾性率

JIS-R7601に規定されている樹脂含浸ストランド試験法に準じて測定した。試験に用いた樹脂処方および硬化条件を次に示す。

【0044】(3) 表面起伏度

繊維方向に垂直に複合材料を切断し、切断面を金相研磨により鏡面研磨する。ここで研磨面に垂直な単繊維の断面形状を走差型電子顕微鏡（日本電子株式会社製JSM-T300型）を用いて、加速電圧15kV、撮影倍率10000倍での反射電子組成像をフィルムに撮影する。このようにして得られた反射電子組成像写真をさらに焼付時に2倍に引き伸ばして、すなわち倍率は合計20000倍として表面起伏度解析用写真とする。ここで該表面起伏度解析用写真から、単繊維断面の面積 S (mm^2) および外周長さ L (mm) を測定する。表面起伏度は上記 L と、同一の S を有する仮想真円の外周長さの比として、下式に従って求められる。

$$\text{表面起伏度} = L \cdot (\pi S)^{-1/2} / 2$$

L の測定は20000倍にて焼き付けされた写真の単繊維断面像の外周上に伸縮性のない木綿糸を正確に貼付したのち、これを外し、その直線長さを実測する方法にて行うことができる。また、 S の測定は20000倍にて焼き付けされた写真上に、単位面積当たりの重量が既知のトレース紙を置き、単繊維断面像の外周を正確にトレースし、トレース線上を正確に切断したのち、切断された単繊維断面像の重量とトレース紙の単位面積当たりの重量から換算により行うことができる。測定は10本の単繊維について行い、その平均値をもってその表面起伏度とする。なお、 L 、 S の測定にはそれを正確に測定できる方法であればその方法に制約はなく、上記の方法以外に、イメージアナライザーを用いて測定することもできる。

【0045】(4) 表面官能基量 (O/C)

X線光電子分光法により、次の手順に従って求めた。まず、溶媒でサイジング剤などを除去した炭素繊維（束）をカットして銅製の試料支持台上に拵けて並べた後、光電子脱出角度を 90° とし、X線源として $\text{MgK}\alpha 1, 2$ を用い、試料チャンバー中を $1 \times 10^{-8} \text{ Torr}$ に保つ。測定時の帯電に伴うピークの補正として C1s の主ピークの運動エネルギー値 (K.E.) を 969 eV に合わせる。 C1s ピーク面積を K.E. として $958 \sim 972 \text{ eV}$ の範囲で直線のベースラインを引くことにより求める。 O1s ピーク面積を K.E. として $714 \sim 726 \text{ eV}$ の範囲で直線のベースラインを引くことにより求める。ここで表面官能基量 (O/C) とは、上記 O1s ピーク面積と C1s ピーク面積の比から、装置固有の感度補正值を用いて原子数比として算出したものである。なお本発明者らは、島津製作所（株）製モデルESCA-750を用いて O1s ピーク面積と C1s ピーク面積の比を測定し、その比を感度補正值2.85で割ることにより表面官能基量 (O/C) を求めた。

【0046】(5) 結晶サイズ (L_c)

結晶サイズ L_c とは、広角X線回折により次の手順に従って求めた値をいう。すなわち、X線源として、Niフ

ilterで単色化されたCuの $\text{K}\alpha$ 線を用い、 $2\theta = 26.0^\circ$ 付近に観察される面指数(002)のピークを赤道方向にスキャンして得られたピークからその半価幅を求め、次の式により算出した値を結晶サイズ L_c とする。

$$L_c = \lambda / (\beta_0 \cos \theta)$$

ここで、 λ : X線の波長（この場合 1.5418 \AA ）、 θ : 回折角、 β_0 : 真の半価幅をいう。なお、 β_0 は次式により算出される値を用いる。

$$\beta_0 = (\beta_A^2 - \beta_1^2)^{1/2}$$

ここで、 β_A^2 : 見かけの半価幅、 β_1^2 : 装置定数（理学電気社製4036A2型X線発生装置を出力35kV、15mAで使用した場合、 $1.05 \times 10^{-2} \text{ rad}$ ）をいう。

【0047】(6) 樹脂の剪断強度

ASTM-D-732に従い測定する。

【0048】(7) 界面剪断強度

CoxモデルにおけるKelly-Tyson則に基づいた、いわゆる“単糸埋め込み法”で測定する。たとえば、上下2枚（ないしはそれ以上）のマトリックス樹脂フィルムの間に、補強繊維のモノフィラメント1本（単糸）を直線状に置き、これを加熱加圧して上下フィルムを融着固化させ、補強繊維の単糸と樹脂とを一体化する（樹脂中に単糸が埋め込まれた状態にする）。これから埋め込んだ単糸と平行な方向に、単糸を中心とした適当な幅の短冊状に切出し、試験片とする。この試験片の両端部を把持して引張荷重を加えて行くと、引張荷重がマトリックス樹脂から樹脂と繊維の界面を通じて樹脂中の単糸に伝達され、単糸はある長さで切断する。さらに荷重を上げ、ある荷重以上になると単糸はそれ以上切断しなくなる状態が得られる。この時の補強繊維の切断長さを測定し、その平均値を L_{av} 、強化繊維の引張強度を σ_f 、単糸径を d_f とすると、繊維と樹脂の界面剪断強度 τ は

$$\tau = (3 \cdot \sigma_f \cdot d_f) / (8 L_{av})$$

で計算される。この界面剪断強度は、繊維と樹脂とが完全に接着していれば樹脂の剪断強度 τ_m と一致するので、両者の比

$$\tau / \tau_m$$

は、繊維と樹脂との界面の接着の程度を表す指標と成り得る。また、樹脂の硬化収縮などに起因する、繊維表面の法線方向で繊維向きの力が作用している場合には、繊維と樹脂との完全な接着状態になくとも、界面剪断強度 τ は樹脂の剪断強度 τ_m に近い値になるか、またはこれ以上の値になる場合があり、いずれにしろ繊維と樹脂との界面の接着の程度を表す指標と成り得る。

【0049】(8) 比吸収エネルギー量

規格や標準化された手法はまだ無い。図11に示すようにエネルギー吸収部材21に押圧部材22を介して圧縮荷重 P を負荷して部材21を破壊していくと、一般に図

12のような荷重-変位（押圧部材の変位）線図が得られる。この荷重-変位線図において、変位 x_1 から x_2 の間に吸収されたエネルギーは図の斜線部の面積として求められる。その間に破壊されたエネルギー吸収部材の重量を求めて（同一断面の部材であれば、断面積と $(x_2 - x_1)$ と比重の積で求まる）、吸収エネルギー量を重量で除した値を比吸収エネルギー量とする。 x_1 、 x_2 の設定や押圧部材の変位の速度等は適当に設定することができる。

【0050】

【実施例】

実施例1

東レ（株）製炭素繊維T300（破断伸度：1.5%、引張弾性率：23,500kgf/mm²）を補強繊維とし、マトリクスにナイロン6（破断伸度75%以上）を用いて、内径70mm、肉厚約1.1mm、繊維配向角±15°（円筒軸に対する角度）の円筒を、シート状繊維補強熱可塑性樹脂をマンドレルに巻いてオートクレープ成形した。なお、シート状繊維補強熱可塑性樹脂は、特公平1-44144号公報に開示されているように、補強繊維束を連続的に走行させながら熔融熱可塑性樹脂に接触させ、その補強繊維束に熱可塑性樹脂を付着せしめ、熱可塑性樹脂が付着している補強繊維束を、張力下に、加熱領域と樹脂が軟化点温度未満になる温度に維持された冷却領域とを有する一対の無端ベルト間に導き、その加熱領域において、一対の無端ベルトによる押圧力を利用して、熱可塑性樹脂が付着している補強繊維束を圧縮して補強繊維束に熱可塑性樹脂を含浸し、そのまま冷却領域に通して熱可塑性樹脂を固化せしめて、シート状繊維補強熱可塑性樹脂を得た。

【0051】このようにして得られた円筒複合材料から、機械加工により、図13に示すような、内径70mm、肉厚約1.1mm、繊維配向角±15°、長さlが70mm、上端の傾斜角θが45度の、円筒形状の複合材料からなるエネルギー吸収部材31を得た。

【0052】エネルギー吸収部材31を、図14に示すように万能試験機32に装着して、クロスヘッド33からロードセル34、押圧部材35を介してエネルギー吸収部材31に圧縮荷重を加えていき、クロスヘッド33の変位を押圧部材35の変位として荷重-変位特性を測

定した。変位の速度は10mm/分とした。その結果図15に示すような荷重-変位線図が得られ、比吸収エネルギー量は130kJ/kgであった。

【0053】実施例2

東レ（株）製炭素繊維T700S、T700S表面処理変更糸および試作糸を補強繊維とし、マトリクスにナイロン6（破断伸度75%以上）を用いて、実施例1に記載した方法によって内径70mm、肉厚約1.5mm、繊維配向角±15°（円筒軸に対する角度）の円筒を成形し、比吸収エネルギー量の評価を行った。

【0054】得られた比吸収エネルギーを実施例1の評価結果を含めて表1に記載する。補強繊維に東レ（株）製炭素繊維T300、マトリクスにエポキシ樹脂（破断伸度2.6%）を用い、フィラメントワインディング法によって成形した円筒の比吸収エネルギー量は、59kJ/kgである。これに比較すると、本発明に記載されるように樹脂の破断伸度が30%以上のマトリクスを用いることにより、表1に示されるような高い比エネルギー吸収量が得られる。

【0055】しかしながら、試作糸やT300糸に比較して、T700S糸は破断伸度、強度ともに高いにもかかわらず、比エネルギー吸収量はむしろ低くなっている。これは、T700S糸の表面起伏度や表面官能基量が他に比較して低く、樹脂と補強繊維との接着性が不足して、両者界面で剥離しやすい状態となって繊維の強度を活かしきれていないためと考えられる。反面、試作糸のように破断伸度や強度が特に優れていなくとも、繊維と樹脂の界面の接着が良好であれば、その繊維の特性を十分に活かすことができ、比較的高い比エネルギー吸収量が示される。また、同一の製造工程をもって得られた繊維であっても、最終の表面処理の強化により表面官能基量を増大させることが可能である。表1に示すT700S表面処理変更糸は、表面起伏度はほとんど変化がないが、表面官能基量が著しく改善されたものである。このような補強繊維を用いることにより、比エネルギー吸収量は増大する。通常のT700S糸に比較して、表面処理を変更した糸は、比エネルギー吸収量が約20%増加することが示された。

【0056】

【表1】

13

14

補強繊維種類	試作系	T300	T700S	T700S 表面処理変更系
繊維破断伸度 (%)	1.4	1.5	2.1	2.1
繊維引張強度 (kgf/mm ²)	304	360	500	490
繊維引張弾性率 (kgf/mm ²)	21200	23500	23500	23500
繊維表面起伏度	1.13	1.12	1.02	1.04
表面官能基量 (O/C)	0.086	0.084	0.065	0.14
比エネルギー吸収量 (kJ/kg)	96	130	92	110

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のエネルギー吸収部材によるときは、エネルギー吸収部材を樹脂と補強繊維との複合材料から構成するとともに、樹脂を破断伸度が30%以上の高靱性のものとし、かつ、少なくとも、補強繊維の破断伸度、引張強度、引張弾性率、表面起伏度のいずれかを特定の値以上としたので、高剛性で、エネルギー吸収性能の高いエネルギー吸収部材を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のエネルギー吸収部材の形状の一例を示す斜視図である。

【図2】本発明のエネルギー吸収部材の別の形状例を示す斜視図である。

【図3】本発明のエネルギー吸収部材のさらに別の形状例を示す斜視図である。

【図4】本発明のエネルギー吸収部材のさらに別の形状例を示す斜視図である。

【図5】本発明のエネルギー吸収部材のさらに別の形状例を示す斜視図である。

【図6】本発明のエネルギー吸収部材のさらに別の形状例を示す斜視図である。

【図7】本発明のエネルギー吸収部材の別の構造例を示す斜視図である。

【図8】本発明のエネルギー吸収部材のさらに別の構造例を示す斜視図である。

【図9】本発明のエネルギー吸収部材のさらに別の構造例を示す縦断面図である。

【図10】本発明のエネルギー吸収部材のさらに別の構造例を示す縦断面図である。

【図11】比吸収エネルギー量の測定法を示す分解斜視

図である。

【図12】比吸収エネルギー量の測定における荷重-変位線図である。

【図13】実施例1におけるエネルギー吸収部材の斜視図である。

【図14】実施例1における荷重-変位特性の測定を示す万能試験機の部分正面図である。

【図15】実施例1における荷重-変位線図である。

【符号の説明】

- 1、2 円筒形状のエネルギー吸収部材
- 3 フランジ部
- 4 フランジ部を備えた円筒形状のエネルギー吸収部材
- 5 リブ
- 6 横断面T字形のエネルギー吸収部材
- 7 横断面コ字形のエネルギー吸収部材
- 8 蓋部材
- 9 横断面十字状のエネルギー吸収部材
- 10 円筒形状のエネルギー吸収部材
- 11 円錐台形状のエネルギー吸収部材
- 12、13 細長形状の部材
- 14、15a、15b、15c エネルギー吸収部材を構成する部材
- 16、17 組み合わせ構成のエネルギー吸収部材
- 21 エネルギー吸収部材
- 22 押圧部材
- 31 エネルギー吸収部材
- 32 万能試験機
- 33 クロスヘッド
- 34 ロードセル
- 35 押圧部材

